

# L'impact des nouvelles technologies de l'information sur la croissance française, 1980-2001

Johanna Melka et Laurence Nayman

Volume 81, numéro 1-2, mars-juin 2005

Productivité et croissance économique à l'ère de l'information : une perspective internationale

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/012838ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/012838ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)

1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Melka, J. & Nayman, L. (2005). L'impact des nouvelles technologies de l'information sur la croissance française, 1980-2001. *L'Actualité économique*, 81(1-2), 75-110. <https://doi.org/10.7202/012838ar>

Résumé de l'article

Cet article évalue la contribution des technologies de l'information à la croissance française au niveau macroéconomique. Nous mettons l'accent sur le rôle de la qualité du travail dans l'évolution de la productivité, notamment sur la période 1982-2001 et analysons les facteurs qui favorisent ou au contraire détériorent cette qualité.

L'une des raisons, pour lesquelles la France et l'Allemagne restent en retrait des États-Unis et du Royaume-Uni en matière de contribution du capital lié aux technologies de l'information, est à rechercher non pas dans les taux de croissance mais dans les parts de l'investissement en technologies de l'information, la part américaine dans les investissements non résidentiels totaux étant deux fois plus élevée que les parts française et allemande.

La contribution des technologies de l'information à la croissance de la productivité horaire s'est sensiblement élevée entre 1990-1995 et 1995-2001. Cette accélération, qui se double d'une hausse de la productivité multifactorielle ne s'est pas accompagnée d'une amélioration de la qualité du travail. Celle-ci a régulièrement augmenté en France jusqu'à la période 1990-1995, grâce à la contribution de l'éducation. Cependant, sur la dernière période, la baisse de la qualité du travail français est concomitante à la hausse des heures travaillées des catégories de travailleurs moins bien rémunérés, en particulier les jeunes.

La différence d'accélération de la productivité multifactorielle entre la France et les États-Unis, favorable à la France sur la dernière période, témoigne de l'emploi accru aux États-Unis des intrants. La baisse du chômage des non-qualifiés tend par ailleurs à y modérer la contribution des diplômés à la qualité du travail sur la décennie quatre-vingt-dix par rapport à la décennie précédente.

## L'IMPACT DES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION SUR LA CROISSANCE FRANÇAISE, 1980-2001

Johanna MELKA

Laurence NAYMAN

*Centre d'études prospectives et d'informations internationales (CEPII)*

**RÉSUMÉ** – Cet article évalue la contribution des technologies de l'information à la croissance française au niveau macroéconomique. Nous mettons l'accent sur le rôle de la qualité du travail dans l'évolution de la productivité, notamment sur la période 1982-2001 et analysons les facteurs qui favorisent ou au contraire détériorent cette qualité.

L'une des raisons, pour lesquelles la France et l'Allemagne restent en retrait des États-Unis et du Royaume-Uni en matière de contribution du capital lié aux technologies de l'information, est à rechercher non pas dans les taux de croissance mais dans les parts de l'investissement en technologies de l'information, la part américaine dans les investissements non résidentiels totaux étant deux fois plus élevée que les parts française et allemande.

La contribution des technologies de l'information à la croissance de la productivité horaire s'est sensiblement élevée entre 1990-1995 et 1995-2001. Cette accélération, qui se double d'une hausse de la productivité multifactorielle ne s'est pas accompagnée d'une amélioration de la qualité du travail. Celle-ci a régulièrement augmenté en France jusqu'à la période 1990-1995, grâce à la contribution de l'éducation. Cependant, sur la dernière période, la baisse de la qualité du travail français est concomitante à la hausse des heures travaillées des catégories de travailleurs moins bien rémunérés, en particulier les jeunes.

La différence d'accélération de la productivité multifactorielle entre la France et les États-Unis, favorable à la France sur la dernière période, témoigne de l'emploi accru aux États-Unis des intrants. La baisse du chômage des non-qualifiés tend par ailleurs à y modérer la contribution des diplômés à la qualité du travail sur la décennie quatre-vingt-dix par rapport à la décennie précédente.

**ABSTRACT** – This paper quantifies the contribution of information technology (IT) to growth in France at the macro-level. On the labour side, the paper also provides evidence of the role played by hours worked, by stressing the contributions of various factors to labour quality and the way they affected labour productivity in the period 1995-2001.

One of the reasons why France lags behind the U.S. in terms of the contribution to growth by information capital technology (ICT) is that although ICT investment growth was sustained as much in France as in the U.S., the proportion of U.S. ICT investment in total investments was more than twice as high as the French share.

In France, the contribution of ICT to hourly labour productivity growth accelerated quite strongly over 1995-2001, relative to the previous period. This acceleration was indeed accompanied by an acceleration in total factor productivity but not by an increase in the quality of French labour. The latter did indeed increase regularly till the period 1990-1995, due largely to the contribution of education. Over the last period, the decrease in the quality of French labour was in synchrony with the fall in hours worked by older labour (> 54 years old) and the rise in hours worked by less well-paid workers and especially younger workers.

The differential in multifactor productivity acceleration between France and the U.S., favouring France over the last period, illustrates the greater use of production factors in the United States. The decrease in unemployment of the unskilled people weighs there on the contribution of education to labour quality over the nineties relative to the eighties.

## INTRODUCTION

Les technologies de l'information, qualifiées de technologies génériques, sont assimilées à une troisième révolution industrielle dans la plupart des études. Susceptibles d'accroître le potentiel de croissance, elles génèrent des gains de productivité, propres à améliorer le niveau de vie des pays. Cependant, certains sont sceptiques quant à la capacité des technologies de l'information d'engendrer encore des innovations majeures porteuses de changement technologique (Gordon, 2002).

Ces observations ont été formulées à partir du cas américain où la forte accélération de la croissance de la productivité a été associée à la forte contribution des technologies de l'information dans la seconde moitié des années quatre-vingt-dix. Différentes estimations ont été produites dans le cadre comptable de la croissance, qui s'appuie sur le modèle de Solow<sup>1</sup>. Sur la période la plus récente (1995-2001), la contribution de l'intensité en capital technologies de l'information aux États-Unis aurait évolué dans une fourchette de 0,70 à 1 point de pourcentage pour une productivité horaire apparente de 2 à 3 % et une productivité multifactorielle de 0,40 à 0,99 point selon la période et les choix méthodologiques retenus (Oliner et Sichel, 2002; van Ark *et al.*, 2003; Council of Economic Advisers, 2002; Jorgenson *et al.*, 2003; Jorgenson, 2003)<sup>2</sup>.

L'Europe semble s'inscrire dans la même dynamique que les États-Unis, mais avec un retard qu'elle n'a pas réussi jusqu'ici à combler. Au cours des six dernières années, la contribution de l'intensité en capital technologies de l'information

---

1. Dans ce cadre, le taux de croissance de la productivité par heure travaillée (par tête) est expliqué par le taux de croissance des services du capital par heure travaillée (par tête), lui-même décomposable en actifs des technologies de l'information et autres actifs, et par le taux de croissance de la productivité multifactorielle. Ce dernier est calculé comme un résidu, reflétant des phénomènes en partie conjoncturels (coûts d'ajustement, taux d'utilisation des intrants, ...) et en partie structurels, des erreurs de mesure (surtout sur la part des revenus des intrants censée être équivalente à l'élasticité des intrants dans la production), des variables omises (investissement en R et D, ...), et tous les écarts par rapport aux hypothèses sous-jacentes à la fonction de production néoclassique (rendements d'échelle croissants, concurrence imparfaite, ...).

2. Pour une revue de la littérature exhaustive sur la période 1995-1998-1999-2000, voir Hélène Baudchon et Cette *et al.* dans le présent numéro de *L'Actualité économique*.

à la croissance de la productivité horaire aurait en effet accéléré de 0,13 point par rapport aux cinq années précédentes mais la productivité horaire et la productivité multifactorielle aurait décéléré de 1,07 point et de 0,67 point respectivement (van Ark *et al.*, 2003).

Dans cet article, nous évaluons la contribution des technologies de l'information à la croissance en France au niveau agrégé sur la période 1982-2001. L'intrant travail a fait l'objet d'une analyse particulière dans la mesure où il existe une complémentarité entre technologies de l'information et qualifications. Les contributions des différentes composantes du travail à la qualité de la main-d'œuvre sont identifiées. La qualité du travail est un élément explicatif non négligeable dans l'étude de la croissance et de l'évolution de la productivité.

Les résultats obtenus dans le cadre de la comptabilité de la croissance sont ensuite comparés avec ceux de quelques grands pays, dont les États-Unis, qui fournissent une référence utile bien que parfois trompeuse, compte tenu de la distance entre l'Europe et les États-Unis en termes de cycles.

## 1. MÉTHODOLOGIE

Pour estimer la contribution des technologies de l'information à la croissance nous appliquons la méthode proposée par Jorgenson et décrite en détail dans Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987). Aussi, après avoir présenté notre cadre d'analyse (section 1.1), nous exposerons les méthodologies utilisées pour construire les services du capital et du travail (sections 1.2 et 1.3).

### 1.1 *Le cadre d'analyse*

La méthodologie comptable retenue pour estimer la contribution de la nouvelle économie à la croissance de la valeur ajoutée et de la productivité du travail en France est standard. Nous appliquons en effet la méthodologie proposée par Jorgenson et Griliches (1967) dont l'objectif est de rendre compte de l'évolution de la qualité des intrants et de mettre en évidence les substitutions possibles entre les différentes catégories d'intrants retenues<sup>3</sup>. La fonction translog que nous utilisons, contrairement à la Cobb-Douglas, permet de mettre en évidence l'interaction des caractéristiques intervenant dans la composition de la qualité. Cependant, les hypothèses liées à ces fonctions de production peuvent apparaître fortes et des écarts observés dans la réalité par rapport à celles-ci peuvent biaiser les résultats, notamment le résidu de la fonction. Ces limites seront développées plus loin.

---

3. Pour cela, nous supposons que les prix reflètent l'évolution de l'efficacité et donc de la qualité des actifs. Néanmoins, les instituts statistiques ne construisent que depuis peu de temps des séries de prix hédoniques. En France, l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) ne construit de telles séries que pour les ordinateurs à partir de 1990. De nouvelles séries de prix pour les équipements des technologies de l'information sont construites en appliquant la méthode proposée par Schreyer (2000) qui consiste à appliquer aux prix des biens d'équipement hors technologies de l'information la différence qui existe aux États-Unis entre les prix des biens d'équipement hors technologies de l'information et les prix des technologies de l'information.

### 1.2 *Les services du capital*

Construire des services du capital (comme des services du travail) consiste à prendre en compte l'efficacité de chaque actif (ou de chaque heure travaillée). On suppose en effet que les données d'investissement à prix constants tiennent compte des différences de performance des différents actifs. Les séries de prix, permettant de dégonfler les séries d'investissement à prix courants, doivent refléter la qualité des actifs. Dans cette optique, les méthodes hédoniques<sup>4</sup>, qui servent à constituer les séries de prix, ont été utilisées pour certains types d'actifs comme le matériel informatique, une partie du matériel de communication et des logiciels, largement aux États-Unis et de manière plus restreinte en France.

La spécificité de l'approche de Jorgenson et Griliches (1967) repose sur la construction de prix de location des actifs, ou coût d'usage, qui reflètent le coût d'utilisation de l'actif à une période donnée. Il faut donc distinguer le prix d'achat d'un actif et son coût d'utilisation à une période  $t$ . Ce coût d'utilisation représente le prix que paierait un agent pour utiliser l'actif (en location)<sup>5</sup>.

### 1.3 *Les services du travail*

Les services du travail sont construits de la même manière que les services du capital. Leur intérêt réside dans le fait qu'ils constituent un indice de volume à qualité constante. Suite aux travaux de Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987), de Jorgenson et Stiroh (2000), de Jorgenson (2001) et de Jorgenson, Ho et Stiroh (2002), les changements dans la composition de la main-d'œuvre doivent être considérés comme un élément essentiel du volume du travail. En effet, les services rendus par une catégorie de main-d'œuvre sont différents en termes d'output de ceux rendus par une autre catégorie. Les heures travaillées doivent être désagrégées selon leurs différentes caractéristiques afin de rendre compte de la qualité dans les services du travail. Si l'on n'établit pas cette désagrégation, on ne peut pas identifier la substitution entre les différents inputs ni la croissance de la productivité.

On reprend la méthode de Jorgenson (1987) pour construire avec une fonction translog un indice de volume de travail à qualité constante. Le taux de croissance de l'indice de volume du travail, soit les services du travail, est une moyenne pondérée des taux de croissance de ses composantes. Les services du travail sont mesurés par le taux de croissance des heures travaillées par chaque catégorie de travail pondéré par leur part dans les rémunérations totales. Chaque composante est pondérée par son produit marginal en vertu de l'hypothèse néoclassique selon laquelle le travail est rémunéré à sa productivité marginale. Certaines catégories de travailleurs (femmes, jeunes,...) seront moins bien rémunérées car des accidents dans le parcours des carrières des femmes ou des actions de formation des

---

4. Le prix de l'actif est régressé sur un ensemble de caractéristiques afin de tenir compte de la qualité et construire un indice de prix à qualité constante (voir par exemple OCDE, 2000b).

5. Pour une information plus complète sur la construction des services du capital, voir Melka *et al.* (2003).

jeunes seront anticipés. Cependant, ces divergences salariales, entre hommes et femmes par exemple, peuvent être interprétées comme une discrimination non justifiée en termes de productivité individuelle. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle le travail est rémunéré à sa productivité marginale commande de la prudence dans l'interprétation des résultats sur la qualité du travail. Cet indicateur a toutefois l'avantage de permettre de contraster les effets de composition sous-jacents dans les heures travaillées.

## 2. RÉSULTATS

Nous présenterons successivement nos résultats sur l'évolution de la qualité du travail en France puis les spécificités du marché du travail et des investissements français sur les 20 dernières années avant d'aborder la contribution des technologies de l'information à la croissance.

### 2.1 *Le travail*

#### 2.1.1 *Données et analyse*

##### *Données*

Les données détaillées d'heures travaillées et de rémunérations par sexe, âge et diplôme proviennent de deux sources : des *Déclarations annuelles de données sociales* (D.A.D.S.) et des enquêtes emploi. Les données des D.A.D.S. sont fournies par les employeurs et la base couvre 15 millions d'individus. Jusqu'en 1992, la base exploitée par l'INSEE contenait 1 salarié sur 25, après cette date, elle est exhaustive. La seconde source utilisée, les enquêtes emploi, a permis d'intégrer les diplômes dans la première base.

Les ratios calculés sur la base fusionnée ont été appliqués aux séries d'heures travaillées et de rémunérations de la comptabilité nationale dans un souci de cohérence avec le cadre de la comptabilité de la croissance.

Au final, nous avons retenu trois caractéristiques : le sexe (2 : homme, femme), l'âge (4 : <25 ans, 25-34, 35-54, >54), et les diplômes (6 : supérieur à bac+4; bac+2; bac; certificat d'aptitude professionnel (C.A.P.), brevet d'études professionnelles (B.E.P.) ou équivalent; brevet d'études du premier cycle (B.E.P.C.); aucun diplôme). Ainsi, nous obtenons 48 catégories ( $2 * 4 * 6$ ).

##### *Analyse*

Les graphiques 4 à 11 présentés en annexe concernent l'évolution des rémunérations horaires et des heures travaillées par caractéristique de 1982 à 2001. Les hommes continuent d'être mieux rémunérés que les femmes en dépit d'un rattrapage des salaires de ces dernières. L'écart de rémunérations se situe encore à

environ 22 % en 2001. Le fait que les femmes moins qualifiées soient surpayées par rapport à leur productivité marginale compense, au niveau agrégé, le fait que les femmes qualifiées sont moins bien rémunérées (Crépon *et al.*, 2003). Ceci est confirmé par le graphique 6 figurant toujours en annexe.

Les heures travaillées des employés de moins de 25 ans et celles des plus de 54 ans présentent les évolutions les plus volatiles. Les heures travaillées par les moins de 25 ans croissent sous l'effet des mesures d'accompagnement de l'emploi des jeunes. La tendance à la hausse des heures travaillées par les 35-54 ans reflète l'évolution de la pyramide des âges.

Sur toutes les périodes, les hausses de salaires les plus fortes enregistrées par les plus âgés attestent de l'accumulation de capital humain au cours de la vie active. Cependant, des auteurs comme Crépon *et al.* (2003) ont montré que les travailleurs plus âgés sont mieux rémunérés que ne le justifie leur productivité marginale. Les efforts de chaque travailleur ne pouvant être mesurés avec précision, il en découle des asymétries informationnelles liées à l'incomplétude des contrats de travail.

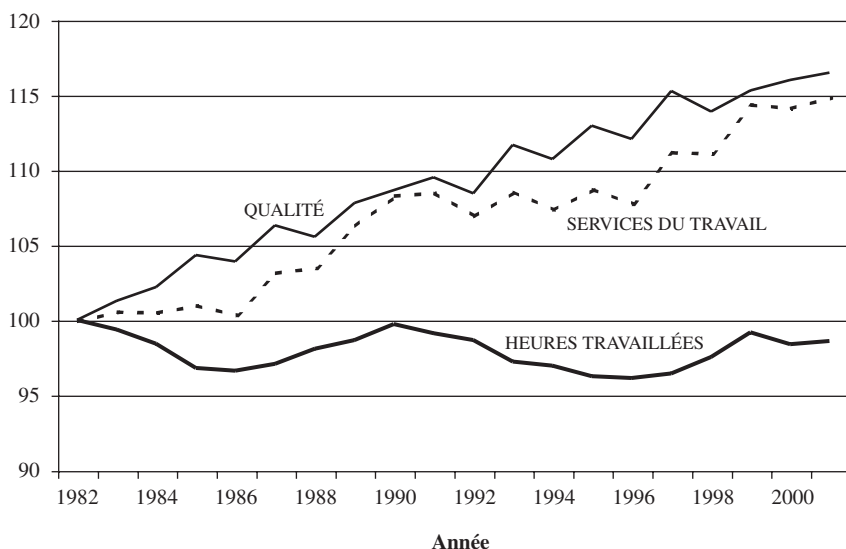
En termes d'éducation, les heures travaillées par les diplômés de l'enseignement supérieur ne cessent d'augmenter depuis 1982 alors que les heures travaillées par les non-diplômés baissent continûment. Cette évolution pourrait refléter aussi bien le relèvement du niveau général de l'éducation qu'un changement technologique biaisé en faveur des plus qualifiés. L'écart entre les deux catégories de diplômes se réduisant pour les nouvelles recrues, notamment en ce qui concerne le personnel lié aux professions technologies de l'information (graphique 11), laisse supposer que les diplômés possédant au moins bac+2 peuvent se substituer à ceux qui ont des diplômes supérieurs moyennant une formation d'appoint. En outre, la mise en œuvre de nouvelles technologies peut requérir des qualifications plus élevées.

### 2.1.2 *L'évolution de la qualité du travail en France*

Le graphique 1 présente les indices de volume du travail (les services du travail pondérant les heures travaillées), de qualité et les heures travaillées non pondérées en indice 100 (1982). L'indice de qualité résulte de la différence entre les heures travaillées pondérées par la rémunération de chaque catégorie d'actif (homme, femme, moins de 25 ans, ..., bac+4, ...) et les heures travaillées non pondérées. La qualité croît constamment depuis 1982. Elle suit globalement la tendance des services du travail et bénéficie de la relative stabilité des heures travaillées totales dans l'économie depuis 1982.

## GRAPHIQUE 1

CONVERGENCE DES INDICES DU FACTEUR TRAVAIL,  
DE LA QUALITÉ ET DES HEURES TRAVAILLÉES  
(EN %)



NOTE : Les années 1999 à 2001 sont extrapolées avec les séries des enquêtes emploi. Les services du travail et la qualité sont calculés sur le sexe, l'âge et les diplômes.

SOURCE : D.A.D.S. et comptes nationaux, INSEE.

Les informations fournies par le graphique sont confirmées par le tableau 1. Sur toute la période 1982-2001, la croissance des services du travail est surtout attribuable à la hausse de la qualité de la main-d'œuvre, les heures travaillées non pondérées fournissant une contribution négative. Cependant, la décomposition en sous-périodes permet de discerner dans les années quatre-vingt-dix une certaine divergence liée d'une part à la contribution négative des heures travaillées sur la période 1990-1995 et d'autre part à la dégradation cette fois de la qualité sur la période 1995-2001.

Les contributions à la qualité du travail montrent que ce sont la qualification et l'âge qui jouent essentiellement, cette dernière caractéristique étant responsable de la détérioration de la qualité sur la période 1995-2001 du fait de la réduction des heures travaillées par les plus de 54 ans, l'une des catégories les mieux rémunérées, et ceci en dépit de la hausse des heures travaillées par les personnels de moins de 25 ans et de 35 à 54 ans. L'éducation agit comme un ressort non négligeable de la qualité du travail. Sa contribution est forte et croît sur toute la période. La contribution du sexe à l'indice de qualité étant assez faible au niveau macroéconomique, nous permet d'échapper à la critique adressée à l'hypothèse égalisant la



productivité marginale des femmes et leur rémunération. Parmi les interactions, les qualifications associées à une ou deux caractéristiques offrent les contributions les plus remarquables.

TABLEAU 1

DÉCOMPOSITION DE LA QUALITÉ EN FRANCE, MOYENNE ANNUELLE  
(EN %)

	1982- 2001	1982- 1990	1990- 2001	1990- 1995	1995- 2001
QUALITÉ	0,87	1,13	0,68	0,84	0,54
SEXE	-0,02	0,00	-0,04	-0,06	-0,02
ÂGE	0,18	0,44	0,00	0,26	-0,22
ÉDUCATION	0,71	0,70	0,71	0,70	0,72
Σ INTERACTIONS	0,00	-0,02	0,01	-0,05	0,07
Heures non pondérées	-0,07	-0,04	0,10	-0,71	0,40
Heures pondérées	0,80	1,10	0,58	0,14	0,94

NOTE : Qualité = Heures pondérées – heures non pondérées. Les heures pondérées sont les services du travail.

SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

En ce qui concerne nos résultats pour les États-Unis (tableau 2), ils contrastent fortement avec ceux de la France, les heures travaillées et la qualité apportant une contribution toujours positive aux services du travail. Dans les années quatre-vingt, l'indice de qualité reste fort sous l'effet de l'âge et de l'éducation et en dépit du travail accru des femmes moins bien rémunérées; sur la décennie quatre-vingt-dix, on observe une dégradation de la qualité du travail consécutive à l'embauche des moins qualifiés et dans une moindre mesure des plus jeunes. Le ratio rapportant l'emploi des jeunes à la population en âge de travailler reste très largement supérieur aux États-Unis (57,8 %) à celui qui prévaut en France (24,3 %) en 2001 (OCDE, 2002), révélant des situations d'études différentes. Symétriquement, le taux de chômage des jeunes de 15 à 24 ans ressort à 18,7 % en France contre 10,6 % aux États-Unis cette même année.

Utiliser les services du travail ou les heures travaillées n'est donc pas indifférent dans la mesure où la qualité du travail en France évolue fortement. Par ailleurs, la forte contribution des qualifications à la qualité de la main-d'œuvre amène à s'interroger sur le rôle des qualifications dans l'accompagnement de la diffusion technologique.

TABLEAU 2  
 DÉCOMPOSITION DE LA QUALITÉ AUX ÉTATS-UNIS, MOYENNE ANNUELLE  
 (EN %)

	1982- 2001	1982- 1990	1990- 2001	1990- 1995	1995- 2001
QUALITÉ	0,46	0,49	0,45	0,55	0,36
SEXE	-0,08	-0,12	-0,05	-0,01	-0,08
ÂGE	0,24	0,26	0,23	0,25	0,21
ÉDUCATION	0,33	0,40	0,28	0,27	0,29
Σ INTERACTIONS	-0,03	-0,05	-0,01	0,03	-0,05
Heures non pondérées	1,71	2,28	1,30	1,06	1,50
Heures pondérées	2,17	2,76	1,75	1,61	1,86

SOURCE : Données Harvard (D. Jorgenson), CEPII et calculs des auteurs.

## 2.2 *Le capital*

Préalablement à la présentation des résultats de la contribution des technologies de l'information à la croissance française et à leur comparaison avec ceux des autres économies de l'OCDE sur la période 1980-2001, nous procédons à une rapide analyse de l'évolution des prix et des investissements en volume des technologies de l'information en France.

### 2.2.1 *Séries d'investissement*

#### *Données et analyse*

Nous disposons de six actifs dont trois actifs technologies de l'information (matériel informatique, logiciels, équipements de communication) et de trois autres (bâtiments et infrastructures, équipements de transport et autres équipements).

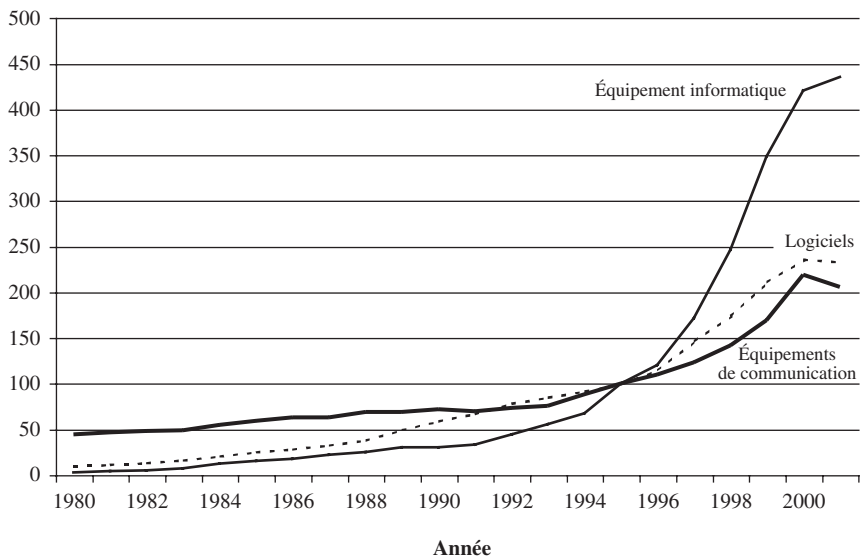
La source utilisée est l'INSEE. Les hypothèses retenues pour construire les stocks de capital sont présentées en annexe (tableau 6).

Les investissements en nouvelles technologies de l'information et des communications, à prix constants, ont connu une forte croissance ces 20 dernières années. On note en particulier les investissements en matériel informatique qui ont crû à un rythme annuel moyen de 24 % sur la période 1980-2001, alors que les investissements en logiciels connaissaient un rythme de croissance de 11 % et ceux en équipement de communication de seulement 7 %.

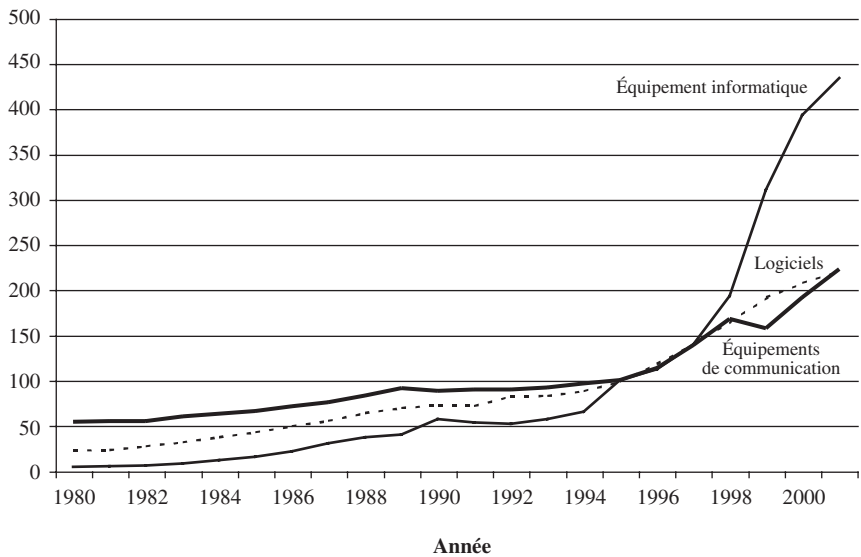
GRAPHIQUE 2

ÉVOLUTION DES INVESTISSEMENTS EN TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION FRANÇAIS  
ET AMÉRICAINS (PRIX ENCHAÎNÉS, 1995 = 100)

États-Unis



France



SOURCE : CEPII et calculs des auteurs.

Il apparaît de plus que c'est au cours des sept dernières années (1995-2001) que les investissements en technologies de l'information ont connu leur plus forte croissance.

En comparant l'évolution en volume des investissements en matériel technologies de l'information aux États-Unis et en France, il apparaît que, le taux de croissance des investissements français en matériel informatique, logiciels et matériel de communications (28 % pour le matériel informatique, 14 % pour les deux autres types d'équipement) est très similaire au taux américain sur la période 1995-2001.

Toutefois, la part de l'investissement en technologies de l'information dans le PIB français ne représente que la moitié de la part américaine en 2001 (voir tableau 8), ce qui pourrait expliquer les écarts constatés entre la France et les États-Unis en matière de contribution des technologies de l'information à la croissance.

### 2.2.2 *Séries de prix*

#### *Présentation des données*

Nous supposons que les prix reflètent l'évolution de l'efficience et donc de la qualité des actifs. Néanmoins, les instituts statistiques ne construisent que depuis peu de temps des séries de prix hédoniques. En France, l'INSEE a construit de telles séries pour les ordinateurs et les périphériques à partir de 1990. D'autres méthodes comme celle de l'appariement sont aussi utilisées pour construire des indices de prix ajustés pour la qualité. Les différentes approches d'élaboration de ces indices de prix peuvent justifier des écarts importants entre les résultats français et américains. Notamment, si les prix français des logiciels étaient évalués de la même manière qu'aux États-Unis, les volumes d'investissements français en logiciels seraient deux fois supérieurs (Lequiller, 2000; Oulton, 2001).

Deux solutions sont envisageables pour rapprocher les prix français des prix américains :

- soit prendre les prix américains pour les technologies de l'information, corrigés à 50 % des variations de change (méthode retenue par Cette, Mairesse et Kocoglu, 2000). La correction suppose que la moitié des matériels liés aux technologies de l'information sont importés. Le taux de croissance de l'indice de prix est égal à une moyenne mobile sur trois ans du taux de croissance de l'indice de prix du Bureau of Economic Analysis (BEA) plus la moitié de l'évolution du change FF/dollar;
- soit construire de nouvelles séries de prix en appliquant la méthode proposée par Schreyer (2000). Elle consiste à appliquer aux séries françaises de prix des biens d'équipement hors technologies de l'information le rapport qui existe aux États-Unis entre les prix des technologies de l'information et les prix des actifs hors technologies de l'information.

La première méthode suppose la fixité de la part des équipements technologiques de l'information dans les importations (50 %) et ceci quelque soit le type d'équipement considéré. Le choix de la seconde méthode est motivé par le fait que l'écart de prix américain entre équipements hors technologies de l'information et équipements en technologies de l'information fluctue pour chaque type d'équipement en technologies de l'information.

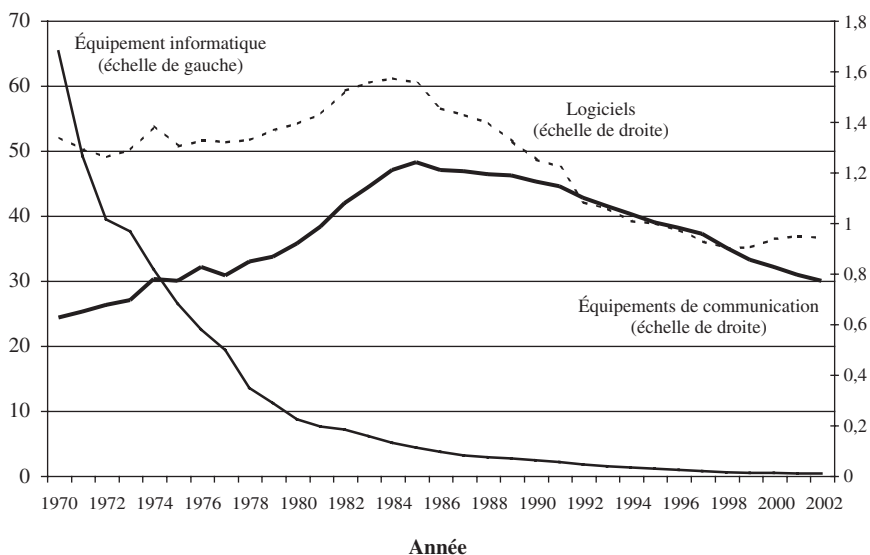
### Analyse

En premier lieu, il apparaît que la méthodologie retenue pour construire les séries de prix influe fortement sur la croissance des prix des investissements en technologies de l'information, comme on pouvait s'y attendre.

Nous observons par ailleurs, une forte divergence dans l'évolution des prix des technologies de l'information selon le type d'actif. Les prix des équipements informatiques baissent très fortement sur la période 1980-2001, alors que les prix des logiciels et des équipements de communications augmentent jusqu'au milieu des années quatre-vingt.

### GRAPHIQUE 3

ÉVOLUTION DU PRIX DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION  
(CALCULÉS EN APPLIQUANT LA MÉTHODE DE SCHREYER)  
1995 = 1



SOURCE : CEPII et calculs des auteurs.

### 3. SOURCES DE LA CROISSANCE ET DE LA PRODUCTIVITÉ HORAIRE

#### 3.1 *Contributions des nouvelles technologies à la croissance de l'économie française*

Le champ considéré pour l'analyse des sources de la productivité horaire du travail est l'économie totale (secteur des entreprises et gouvernement, à l'exclusion du secteur des ménages).

En nous appuyant sur les résultats des estimations réalisées grâce aux séries de prix calculées par la méthode proposée par P. Schreyer (tableau 3), on observe que la contribution des technologies de l'information à la croissance connaît une forte accélération : de 0,21 % par an sur la période 1990-1995 à 0,40 % par an sur la période 1995-2001. Ce sont les investissements en équipements informatiques qui contribuent le plus à la croissance des investissements en technologies de l'information, en comparaison aux investissements en logiciels et matériels de communication. Les équipements en technologies de l'information expliquent près de 38 % de la contribution du capital à la croissance de la valeur ajoutée sur la période 1995-2001. La contribution des équipements de communications à la croissance indique un faible effort d'investissement sur cette période. En termes d'accélération, les investissements en équipements informatiques et en logiciels ont presque doublé leur contribution entre les périodes 1990-1995 et 1995-2001. Dans le même temps, la contribution des structures non résidentielles n'a cessé de reculer.

Les sources de la croissance sont davantage diversifiées dans la dernière période que dans la période précédente où la croissance était principalement concentrée sur les services du capital. La contribution des services du travail à la croissance est particulièrement forte sur la période 1995-2001. La bonne complémentarité entre capital et travail est aussi une clé de la robustesse de la productivité multifactorielle sur cette période.

En matière de croissance, l'économie américaine enregistre de meilleures performances que l'économie française. Les technologies de l'information constituaient déjà plus des 2/5<sup>e</sup> des services du capital sur la période 1990-1995. Ce qui frappe dans la comparaison des résultats français et américains est la persistance de la robustesse des services du capital et du travail aux États-Unis sur la dernière période.

TABLEAU 3

CONTRIBUTIONS À LA CROISSANCE ANNUELLE MOYENNE DE LA VALEUR AJOUTÉE  
(EN %)  
(PRIX DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ÉVALUÉS AVEC LA MÉTHODE DE SCHREYER)

	FRANCE				ÉTATS-UNIS	
	1982- 2001	1982- 1990	1990- 1995	1995- 2001	1990- 1995	1995- 2001
<b>Valeur ajoutée brute</b>	2,11	2,57	1,09	2,61	2,42	3,42
<b>Services du capital</b>	1,03	1,22	0,96	1,05	1,43	2,03
Total des TI, dont :	0,31	0,36	0,21	0,40	0,63	1,01
matériel informatique	0,19	0,24	0,11	0,23	0,32	0,46
logiciels	0,08	0,06	0,04	0,14	0,21	0,32
communications	0,04	0,06	0,06	0,03	0,10	0,22
Structures non résidentielles	0,41	0,47	0,51	0,32	0,52	0,58
Transport	0,09	0,06	0,05	0,16	0,09	0,16
Autre équipement	0,22	0,33	0,15	0,17	0,19	0,29
<b>Services du travail</b>	0,48	0,71	0,06	0,62	1,01	1,16
Heures totales	-0,04	-0,05	-0,48	0,27	0,67	0,93
<b>Productivité multifactorielle</b>	0,58	0,63	0,12	0,94	-0,02	0,23

SOURCE : CEPII, calculs des auteurs sur données des comptes nationaux et enquêtes emploi (INSEE) pour la France; données du BEA et de Harvard (D. Jorgenson) pour les États-Unis.

NOTE : Investissements non résidentiels de l'économie totale (à l'exclusion de l'investissement des ménages). TI : technologies de l'information.

### *Analyse de la productivité multifactorielle*

La productivité multifactorielle est calculée comme étant un résidu. Ainsi, plus notre estimation de la contribution des intrants (capital, travail) à la croissance est précise, autrement dit, tient compte de l'amélioration de la qualité du travail et du capital, et plus la productivité multifactorielle devrait être faible (Jorgenson et Griliches, 1967). Néanmoins, ce résidu est trop important pour être interprété comme une simple erreur de mesure. C'est plutôt « une mesure de notre ignorance » comme le soulignait Abramovitz<sup>6</sup>.

6. Cité par Hulten (2000).

Il est ainsi difficile de distinguer dans l'évolution de la productivité multifactorielle quelle part est attribuable aux évolutions conjoncturelles (Gordon, 2002), à d'autres facteurs tels que les écarts par rapport aux hypothèses sous-jacentes de la fonction translog (concurrence parfaite, ...), aux modifications des parts du capital ou encore aux externalités comme les innovations non captées par le capital physique ou humain.

Par conséquent, tout retournement de la conjoncture affectera l'évolution de la productivité multifactorielle. Cette, Mairesse et Kocoglu (2002) estiment que la contribution de la productivité multifactorielle à la valeur ajoutée est expliquée à plus de 30 % par l'évolution favorable de la conjoncture sur la période 1980-2000.

### *Comparaison avec les autres études concernant la France*

Peu d'études, en dehors de celles de Cette, Mairesse et Kocoglu (2000, 2002), et Colecchia et Schreyer (2001) ont estimé la contribution des technologies de l'information à la croissance française. Nous comparons, tableau 7 en annexe, nos résultats avec les leurs. Nous appliquons les prix du BEA afin de nous rapprocher des résultats de Cette *et al.*. Cependant, signalons les principales différences : nous travaillons sur l'économie française dans son ensemble alors que Cette *et al.*, Colecchia et Schreyer estiment la contribution des technologies de l'information à la croissance française pour l'économie marchande; nous utilisons un taux d'intérêt interne pour calculer le coût d'usage alors que les deux autres études prennent un taux d'intérêt externe; de même, Colecchia et Schreyer retiennent des taux de dépréciation hyperboliques alors que nous utilisons des taux de dépréciation géométriques; Cette *et al.* utilisent aussi des taux géométriques mais ce ne sont pas les mêmes et ne calculent pas des services du travail.

Un autre aspect à considérer à présent, est l'évolution de la productivité horaire moyenne du travail en France. La productivité américaine a connu une très forte croissance sur les 10 dernières années, qu'en est-il de la croissance française? L'accumulation du capital a-t-elle contribué favorablement à son évolution?

### *3.2 La productivité horaire moyenne du travail*

La croissance de la productivité horaire moyenne du travail ralentit sensiblement sur les deux dernières décennies (tableau 4). Sur la période 1995-2001, elle s'améliore principalement du fait de la baisse des heures travaillées dans le secteur manufacturier et du passage à la semaine des 35 heures. Cette tendance à la baisse a été freinée grâce au redressement de l'emploi qui a bénéficié d'allègements de charges sociales sur les bas salaires et le recrutement des emplois jeunes et des contrats emploi-solidarité (C.E.S.). Amorçées en 1993, ces mesures ont été accentuées à partir de 1995 et 1998. Elles ont conduit sur la période 1995-2001 à un très net ralentissement de la contribution de la qualité du travail à la croissance de la productivité, du fait notamment d'une contribution négative de l'âge à la qualité.



TABLEAU 4

SOURCES DE LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ HORAIRE MOYENNE DU TRAVAIL

(EN %)

(PRIX DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ÉVALUÉS AVEC LA MÉTHODE DE SCHREYER)

	FRANCE				ÉTATS-UNIS	
	1982-2001	1982-1990	1990-1995	1995-2001	1990-1995	1995-2001
<b>Productivité horaire du travail</b>	<b>2,27</b>	<b>2,60</b>	<b>1,80</b>	<b>2,21</b>	1,35	1,92
Capital par heure travaillée (K/H)	1,10	1,21	1,13	0,91	1,03	1,46
dont : TI :	0,33	0,36	0,20	0,39	0,57	0,91
matériel informatique	0,20	0,24	0,10	0,23	0,30	0,44
logiciels	0,08	0,06	0,05	0,14	0,19	0,29
matériel de communication	0,05	0,06	0,05	0,03	0,08	0,19
Qualité du travail	0,57	0,76	0,53	0,35	0,34	0,23
contribution sexe	-0,01	0,00	-0,04	-0,01	-0,01	-0,05
contribution âge	0,14	0,32	0,18	-0,15	0,16	0,13
contribution éducation	0,44	0,43	0,42	0,45	0,17	0,18
Productivité multifactorielle	0,59	0,63	0,12	0,94	-0,02	0,23

NOTE : Voir tableau 3. La contribution des interactions n'est pas affichée ici dans la décomposition de la qualité du travail. TI : technologies de l'information.

SOURCE : CEPII, calculs des auteurs sur données des comptes nationaux et enquêtes emploi (INSEE) pour la France; données du BEA et de Harvard (D. Jorgenson) pour les États-Unis.

D'autres facteurs expliquent également l'évolution de la productivité horaire moyenne du travail en France, même si leur contribution à partir du milieu des années quatre-vingt-dix baisse fortement en raison des mesures sociales énoncées plus haut. La substitution du capital au travail (« *capital deepening* ») et l'amélioration de la productivité globale des facteurs ont un impact positif sur la croissance de la productivité horaire moyenne du travail.

Une substitution du capital au travail a un impact positif sur la productivité du travail car elle rend les travailleurs plus productifs. Le changement technologique biaisé en faveur des qualifiés rend compte de l'intensité capitalistique. Par ailleurs, une augmentation de la substitution du capital au travail devrait améliorer la qualité du travail, si celle-ci n'était calculée que sur les seuls diplômés.

La contribution de la substitution du capital au travail à la productivité décélère entre les deux sous-périodes de la décennie quatre-vingt-dix, en dépit de la hausse de la contribution des technologies de l'information. L'accélération la concernant est pourtant importante : la contribution du matériel informatique double et celle des logiciels triple. Cette hausse est accompagnée d'une baisse importante de la contribution du capital non technologies de l'information (structures et dans une moindre mesure autres équipements technologies de l'information).

La comparaison avec les États-Unis montre que la croissance de la productivité du travail y dépend davantage de la substitution du capital au travail et plus particulièrement de celle concernant les technologies de l'information. La contribution du capital technologies de l'information double quasiment comme en France mais à partir d'un niveau beaucoup plus élevé.

En termes d'accélération, entre 1990-1995 et 1995-2001, la productivité multifactorielle croît plus vite en France qu'aux États-Unis, et ceci pour deux raisons :

- la productivité horaire augmente davantage en France compte tenu d'une hausse moins vigoureuse des heures. La France a créé moins d'emplois qu'aux États-Unis et a aussi baissé la durée du travail légale hebdomadaire à 35 heures;
- l'intensité capitaliste est plus importante aux États-Unis, ces derniers ayant substitué davantage de capital lié aux technologies de l'information, et investi dans les structures qu'en France.

### *Comparaison internationale*

Nous pouvons par ailleurs comparer les résultats de l'économie française avec ceux des autres pays de l'OCDE (tableau 4). Nous avons estimé la contribution des technologies de l'information à la croissance aux États-Unis, en Allemagne et au Royaume-Uni. Nous utilisons pour ces pays un taux de rendement interne pour calculer les coûts d'usage du capital. De même, dans le calcul des parts des rémunérations et de l'excédent brut d'exploitation (E.B.E.) dans la valeur ajoutée, le revenu mixte des travailleurs indépendants est défalqué de l'E.B.E. total et réintégré dans les rémunérations.

La croissance de la productivité horaire du travail en France sur la période 1995-2001 est semblable à celle de tous les pays. Entre 1990-1995 et 1995-2001, la croissance de la productivité horaire du travail s'accélère en France, aux États-Unis et en Allemagne alors qu'elle décélère au Royaume-Uni. Cet infléchissement dans ce dernier pays résulte d'une baisse des investissements en capital hors technologies de l'information, d'une part, et d'une forte décélération de la croissance de la productivité multifactorielle, d'autre part. Dans tous les pays, on observe l'accélération draconienne de la contribution des technologies de l'information à la croissance de la productivité entre les deux périodes, davantage aux États-Unis et au Royaume-Uni qu'en France et en Allemagne. Il faut cependant noter que les

parts de l'E.B.E. dans la valeur ajoutée utilisées pour les États-Unis<sup>7</sup> (37 %) sont supérieures à celles appliquées aux séries allemande (35 %), française (33 %) ou britannique (32 %) sur la période 1995-2001.

L'accélération de la contribution du capital technologies de l'information à la croissance de la productivité résulte principalement d'une forte augmentation des investissements en matériel informatique. Leur contribution à la croissance de la productivité est particulièrement marquée au Royaume-Uni. Elle n'y a pas permis un décrochage de la croissance de la productivité horaire dans le sens attendu.

La qualité du travail s'accroît au Royaume-Uni alors qu'elle décroît en France, en Allemagne et dans une moindre mesure aux États-Unis entre les deux périodes : en France, en raison de l'âge, aux États-Unis et en Allemagne, en raison d'un recrutement plus massif de personnels non diplômés.

Au total, sur la dernière période, on observe un parallélisme dans certains comportements : investissements en technologies de l'information élevés et productivité multifactorielle plus faible pour les pays anglo-saxons, investissements en technologies de l'information moins dynamiques et productivité multifactorielle forte pour les deux autres pays. Ces différences tiennent peut-être à des caractéristiques institutionnelles tels que le mode de financement des investissements, le degré de flexibilité du marché du travail, les obstacles à la création d'entreprises. Financement de court terme, marché du travail plus flexible, règles de création d'entreprises simplifiées incitent les entreprises à considérer davantage les arbitrages en faveur des prix et des salaires et à investir dans des petites structures. L'emploi des personnels non-qualifiés peut ainsi être stimulé mais « l'efficacité productive » sacrifiée.

---

7. Les revenus du capital, soit l'excédent brut d'exploitation ou les services du capital en niveau, sont les différences entre le PIB en valeur et les rémunérations totales du travail (on fait abstraction des impôts et subventions). Pour les États-Unis, la part des revenus du capital dans le PIB est de 41 % dans les travaux de D. Jorgenson, 25 % pour l'OCDE (base productivité) et 30 % dans van Ark (2003). Pour plus de détails voir Schreyer (2003).

TABLEAU 5

CONTRIBUTIONS À LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ HORAIRE DU TRAVAIL, EN POURCENTAGE ET EN POINT DE POURCENTAGE

	1990-1995				1995-2001			
	ÉTATS-UNIS	ALLE-MAGNE	ROYAUME-UNI	FRANCE	ÉTATS-UNIS	ALLE-MAGNE	ROYAUME-UNI	FRANCE
Productivité horaire	1,35	1,87	3,19	1,80	1,92	2,05	2,22	2,21
Capital, dont :	1,03	1,08	1,89	1,13	1,46	1,09	1,41	0,91
TI, dont :	0,57	0,22	0,53	0,20	0,91	0,39	0,85	0,39
matériel informatique	0,30	0,09	0,36	0,10	0,44	0,25	0,62	0,23
logiciels	0,19	0,06	0,12	0,05	0,29	0,09	0,15	0,14
matériel de communication	0,08	0,06	0,05	0,05	0,19	0,06	0,07	0,03
Autre capital	0,46	0,86	1,37	0,93	0,55	0,70	0,57	0,52
Qualité du travail	0,34	0,95	0,14	0,53	0,23	0,28	0,35	0,35
Productivité multifactorielle	-0,02	-0,16	1,15	0,12	0,23	0,68	0,45	0,94

NOTE : 1991-1995 pour l'Allemagne et 1995-2000 pour le Royaume-Uni; le matériel informatique comprend tous les produits du secteur 30 de la nomenclature européenne des activités économiques en Allemagne. Investissements non résidentiels de l'économie totale (à l'exclusion de l'investissement des ménages) pour tous les pays. TI : technologies de l'information.

SOURCE : Séries d'investissement : Groningen (sauf pour la France : INSEE; États-Unis : BEA; séries TI du R.-U. : National Institute of Economic and Social Research (NIESR)). Les heures travaillées proviennent pour les États-Unis, de Harvard, pour l'Allemagne et pour le Royaume-Uni de A. Colecchia (OCDE), pour la France de l'INSEE; qualité du travail : Harvard pour les États-Unis, enquêtes emploi pour la France et A. Colecchia (OCDE) pour le Royaume-Uni; CEPIL, calculs des auteurs.

## CONCLUSION

La contribution des technologies de l'information à la croissance de la productivité horaire devrait entraîner une amélioration de la qualité de la main-d'œuvre et une combinaison plus efficace des intrants. En France, l'accélération de la substitution du capital technologies de l'information entre 1990-1995 et 1995-2001 s'est accompagnée d'une hausse de la productivité multifactorielle mais pas d'une amélioration de la qualité du travail. Cette dernière s'est régulièrement élevée jusqu'à la première moitié des années quatre-vingt-dix. Sur la dernière période, la baisse de la qualité du travail en France correspond à la baisse des heures travaillées par les plus âgés, concomitante à la hausse des heures travaillées par les jeunes moins bien rémunérés. La contribution de l'éducation à la qualité du travail reste forte. Ceci pourrait être le signe d'une montée en gamme de l'offre de qualifications sur le marché du travail mais aussi d'un déplacement de la courbe de demande induite en partie par le changement technologique.

On constate cependant dans les autres pays, notamment aux États-Unis et au Royaume-Uni, la progression des personnels non qualifiés dans l'emploi parallèlement à la hausse soutenue de l'investissement en technologies de l'information. L'accélération de la productivité multifactorielle, moins forte dans ces pays qu'en France ou en Allemagne, met en relief le lien entre investissement en technologies de l'information et productivité multifactorielle. Un changement organisationnel consécutif à l'emploi des technologies de l'information dans les entreprises est ainsi nécessaire pour que ce lien se concrétise.

## ANNEXE 1

## 1. MÉTHODOLOGIE

## 1.1 Méthodologie pour la construction des services du capital

*1<sup>re</sup> étape : construction d'un stock de capital productif : la méthode de l'inventaire permanent.*

Selon cette méthodologie, le stock de capital est défini comme étant la somme pondérée des investissements passés. Les pondérations sont définies par l'efficacité relative des différents actifs selon l'âge du capital.

Le stock de capital pour l'actif  $i$  à la période  $t$  est défini par :

$$K_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} d_{\tau} I_{t-\tau}$$

où  $K_t$  est le stock de capital (d'un actif particulier) à la période  $t$ ,  $d_{\tau}$  représente l'efficacité du capital à l'âge  $\tau$  par rapport à l'efficacité d'un nouveau bien de capital acquis à la période  $t - \tau$ .

Il est donc nécessaire de choisir le « modèle » de perte d'efficacité que l'on va retenir pour la suite des travaux. Pour notre part, nous retiendrons un taux de dépréciation géométrique (contrairement à Colecchia et Schreyer, 2001 qui retiennent un taux de dépréciation hyperbolique).

Le stock de capital sera défini comme :

$$K_{i,t} = K_{i,t-1} (1 - d_i) + I_{i,t} = \sum_{\tau=0}^{\infty} (1 - d_i)^{\tau} I_{i,t-\tau}$$

avec

$d$  : taux de dépréciation géométrique,

$I$  : investissements à prix constants,

$\tau$  : âge du capital.

*2<sup>e</sup> étape : construction des prix des services de capital (ou coûts d'usage).*

Pour la construction des coûts d'usage, nous appliquons la méthode de Jorgenson *et al.* (1987).

- Le coût d'usage est constitué du coût de financement de l'actif  $i$  et du gain ou de la perte en capital.

$$c_t = P_{t-1}(r_t + d_i) - (P_t - P_{t-1})$$

$P_t$  : prix de l'actif à la période  $t$ ,

$r_t$  : taux de rendement.

Le premier terme reflète le coût de financement de l'actif, avec :  $P_{t-1} r_t$ , le coût d'opportunité ou le coût financier supporté à l'achat de cet actif,

$P_{t-1} d_t$  : le coût lié à la perte d'efficience de l'actif depuis son achat.

Le second terme représente le gain ou la perte en capital résultant de la revente de cet actif après son utilisation.

Le prix des services du capital illustre ainsi le prix d'utilisation de l'actif pendant une période donnée, sachant qu'il perd en efficience pendant cette période et qu'il sera revendu à la fin de cette période, et non son prix d'achat.

### *Quel taux de rendement retenir?*

Pour calculer les coûts d'usage, On peut soit adopter des taux de rendement externe (TRE), comme les bons du Trésor, soit utiliser un taux de rendement interne.

Le taux de rendement interne (TRI) est calculé à partir de l'identité comptable suivante :

revenu du capital = valeur ajoutée brute (VAB) – rémunérations du travail.

Le revenu du capital est donc défini par la comptabilité nationale (CN). Parallèlement, on sait que le revenu du capital est le produit entre la quantité de capital (autrement dit, le stock de capital) et le prix du capital. On peut donc en déduire aisément le taux de rendement à partir de la formule suivante :

$$\text{revenu du capital} = c_t K_{t-1} = \left\{ p_{t-1} \left( r_t - \frac{p_t - p_{t-1}}{p_{t-1}} \right) + p_t * d_t \right\} K_{t-1}.$$

Utiliser un TRI ou un TRE présente de nombreux inconvénients. Si l'on adopte un TRE, le coût d'usage, qui est utilisé lors du calcul des pondérations (valeur du capital de l'actif  $i$  rapporté au total des actifs) pour estimer les services de capital, est déterminé de manière externe. Par conséquent, le revenu du capital défini par le produit entre le coût d'usage et le stock de capital diffère généralement du revenu du capital défini dans la CN.

Le taux de rendement interne nécessite, quant à lui, de supposer que la fonction de production a des rendements d'échelle constants et que les marchés sont parfaitement concurrentiels. De plus en calculant un taux de rendement interne, les coûts d'usage peuvent être négatifs, principal inconvénient du TRI, alors que l'apparition de taux négatifs s'avère moins fréquente avec un TRE.

En dépit de cet inconvénient, nous choisissons, pour notre part, de calculer un taux de rendement interne afin de maintenir la cohérence comptable.

Nous obtenons ainsi calculé pour chaque actif  $i$  :

$$r_t = \frac{CapRev - \sum_t \left( d_i * P_{i,t}^I - \prod_{i,t} * P_{i,t-1}^I \right) * K_{i,t-1}}{P_{i,t-1}^I * K_{i,t-1}}$$

avec  $\prod_{i,t} = \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} - 1$  ;  $CapRev$  = revenus du capital;  $d_i$  le taux de dépréciation de l'actif  $i$ ;  $P_{i,t}$  le prix de l'investissement en actif  $i$  à la date  $t$ ;  $K$  le stock de capital en volume.

3<sup>e</sup> étape : construction de l'indice agrégé des services du capital.

L'indice agrégé des services du capital pour l'ensemble des actifs est supposé être une fonction translog des services de capital individuels (Jorgenson *et al.*, 1987). L'indice du capital agrégé est défini par :

$$\Delta \ln K_t = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln K_k^t .$$

Les pondérations sont données par les parts moyennes de chaque actif dans la rémunération totale :

$$\bar{v}_k = 0,5(v_{k,t} + v_{k,t-1}) ,$$

$$v_{k,t} = \frac{c_{k,t} K_{k,t}}{\sum_i c_{k,t} K_{k,t}}$$

où  $c_k$  est le coût d'usage de chaque actif  $k$ .

## 1.2 Services du travail

On reprend la méthode de Jorgenson (1987) pour construire avec une fonction translog un indice de volume de travail à qualité constante. Le taux de croissance de l'indice de volume du travail, soit les services du travail, est une moyenne pondérée des taux de croissance de ses composantes.

Les services du travail sont mesurés par le taux de croissance des heures travaillées dans l'économie pondérées par la part des rémunérations de chaque caractéristique dans le total des rémunérations. Chaque composante est pondérée par son produit marginal en vertu de l'hypothèse néoclassique selon laquelle le travail est rémunéré à sa productivité marginale :



$$\Delta \ln L = \sum_l \bar{v}_{Ll} \Delta \ln H_l$$

avec  $L$ , les services du travail,  $H$ , les heures travaillées et  $v$ , la pondération, la barre désignant une moyenne. La pondération porte sur la part des rémunérations de chaque caractéristique dans les rémunérations totales et est calculée avec un indice de Törnqvist, où  $P_l L$  est la rémunération correspondant à la caractéristique retenue :

$$v_l = \frac{P_l^L L_l}{\sum P_l^L L_l},$$

$$\bar{v}_{Ll} = 0,5 * [v_{Ll}(t) + v_{Ll}(t-1)] .$$

L'utilisation de la fonction translog permet d'obtenir les interactions des différentes caractéristiques. Pour chaque caractéristique de la force du travail (par exemple le sexe, l'âge, les qualifications, *etc.*), on calcule le taux de croissance des heures travaillées pondérées par la rémunération de la catégorie considérée pour obtenir des indices partiels de 1<sup>er</sup> ordre. Par exemple, l'indice de 1<sup>er</sup> ordre calculé sur le sexe est la somme des heures travaillées des femmes et des hommes pondérées par la rémunération correspondante des hommes et des femmes. Ensuite, les différentes caractéristiques sont combinées entre elles pour obtenir des indices de deuxième ordre, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et enfin 5<sup>e</sup> ordre. Au 2<sup>e</sup> ordre, on croise deux caractéristiques (sexe et âge, sexe et qualifications, par exemple, ...) et ainsi de suite. Le dernier ordre constitue les services du travail.

### *Les contributions à la qualité du travail*

En rapportant les services du travail calculés sur les différents ordres au taux de croissance des heures travaillées non pondérées, on mesure la qualité du travail. L'indice de qualité est la constante qui permet de transformer les heures travaillées en flux de services du travail. C'est la mesure de la contribution de la substitution entre les composantes de l'input travail par rapport au volume d'heures travaillées :

$$L_L = Q_L * H$$

avec  $Q_L = L_L / H$ ,  $L$  étant les services du travail, produit de  $Q_L$ , la qualité du travail et de  $H$ , les heures travaillées non pondérées.

$$\Delta \ln Q^L = \sum_l \bar{v}_{Ll} \Delta \ln H_l - \Delta \ln H .$$

Si les composantes des heures travaillées évoluent au même rythme, l'indice de la qualité du travail  $Q_L$  reste inchangé. L'indice de qualité augmente quand les composantes qui rendent le plus de services du travail – les travailleurs dont le

produit marginal est élevé – croissent plus vite que les autres caractéristiques. En revanche, il baisse quand les heures travaillées les moins efficaces progressent davantage que les autres.

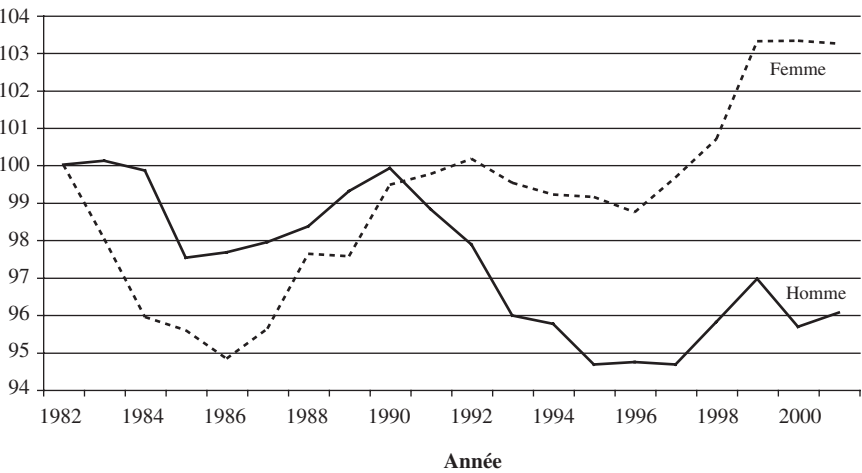
Les contributions à la croissance de la qualité permettent de capter les changements intervenus dans la composition des heures travaillées par caractéristique. Pour calculer les contributions des différentes caractéristiques à la croissance de la qualité, on récupère les indices des différents ordres partiels pondérés et on les différencie par rapport aux heures travaillées non pondérées.

ANNEXE 2

GRAPHIQUES ET TABLEAUX

GRAPHIQUE 4

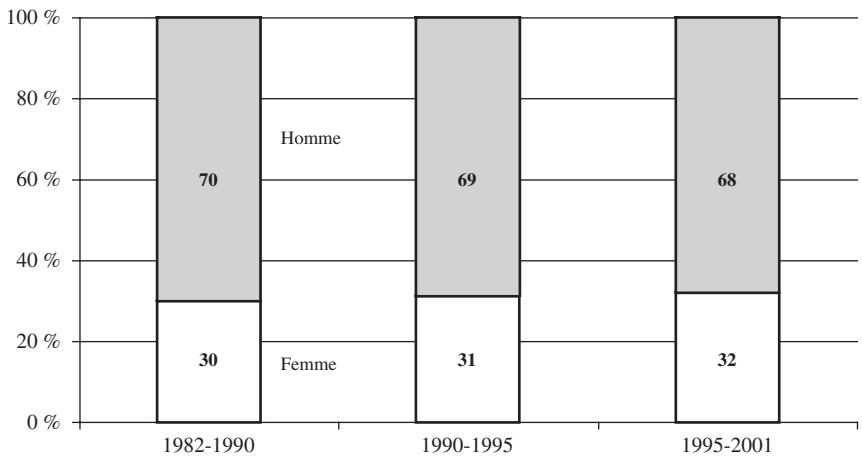
ÉVOLUTION DES HEURES TRAVAILLÉES PAR SEXE  
1982 = 100



SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

GRAPHIQUE 5

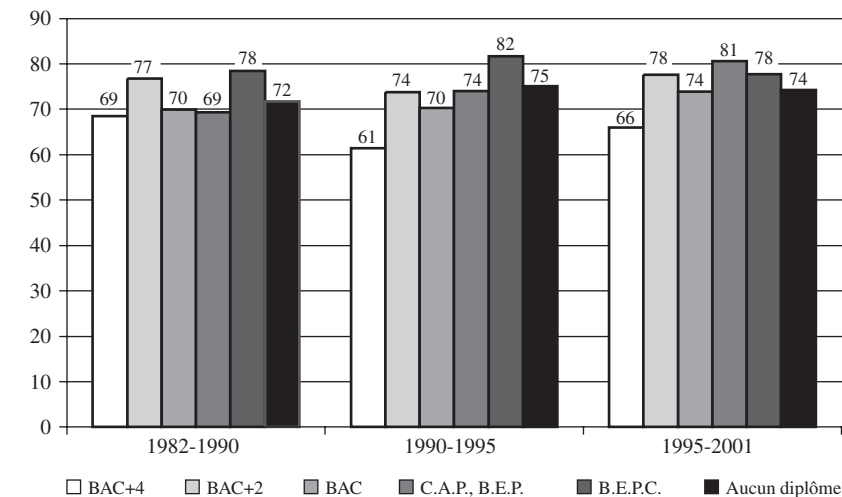
COMPOSITION DES SALAIRES PAR SEXE  
(EN %)



SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

GRAPHIQUE 6

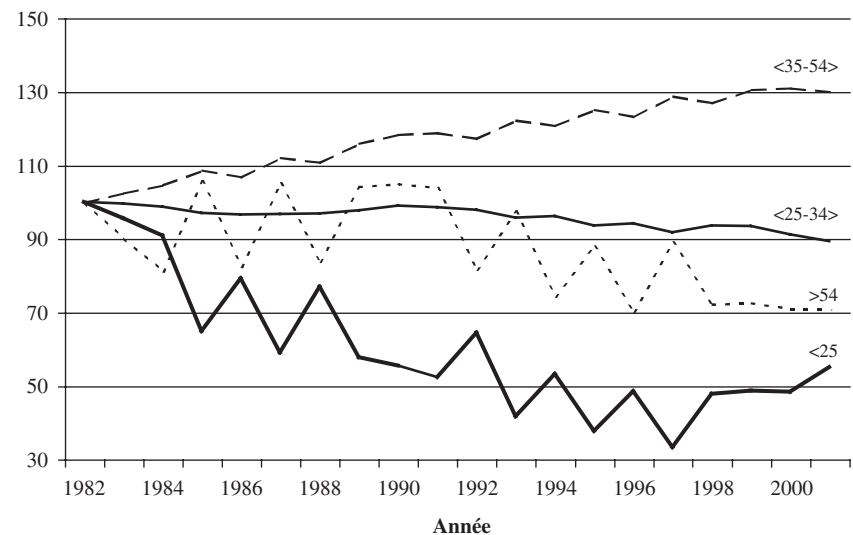
SALAIRE HORAIRE DES FEMMES/HOMMES PAR QUALIFICATION (DIPLÔMES)



SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

GRAPHIQUE 7

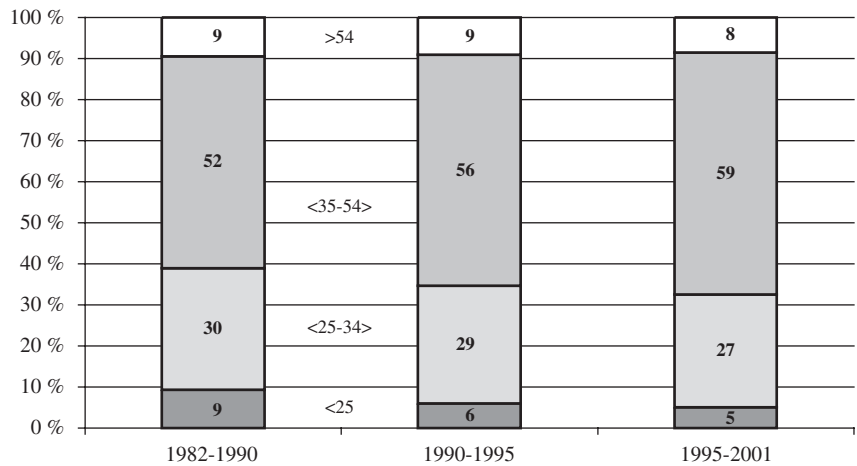
ÉVOLUTION DES HEURES TRAVAILLÉES PAR TRANCHE D'ÂGE  
1982 = 100



SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

GRAPHIQUE 8

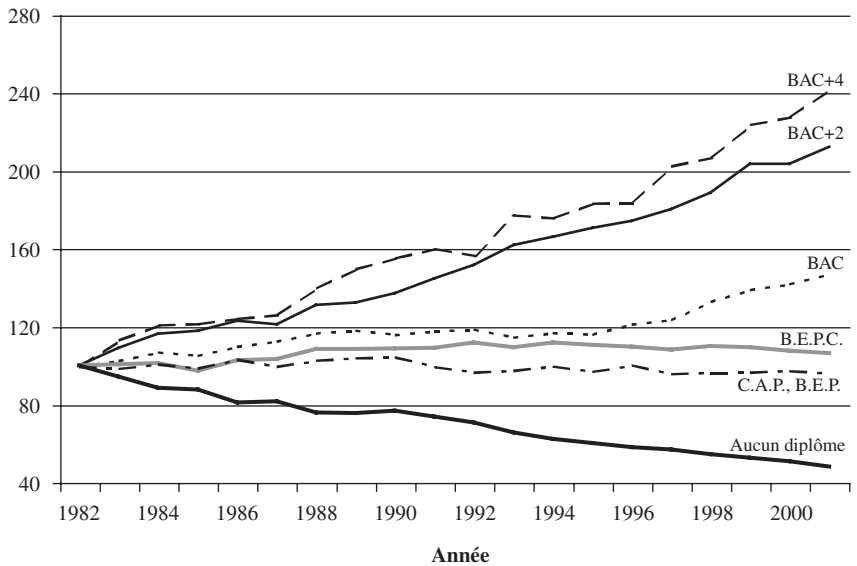
COMPOSITION DES SALAIRES PAR TRANCHE D'ÂGE  
(EN %)



SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

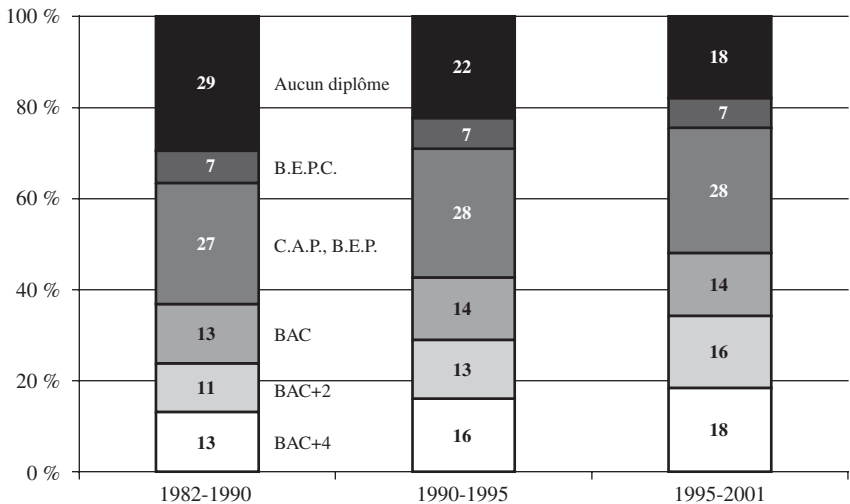
GRAPHIQUE 9

ÉVOLUTION DES HEURES TRAVAILLÉES PAR DIPLÔME  
1982 = 100



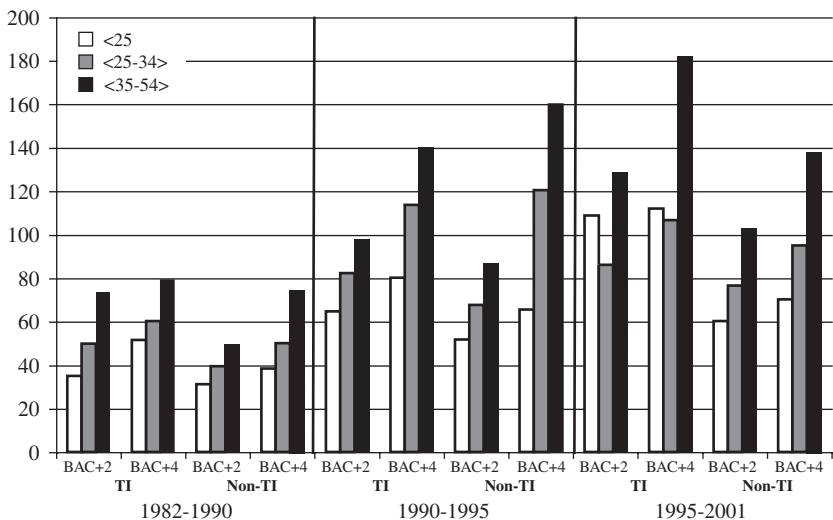
SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

GRAPHIQUE 10  
COMPOSITION DES SALAIRES PAR DIPLÔME  
(EN %)



SOURCE : D.A.D.S., enquêtes emploi et comptes nationaux, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

GRAPHIQUE 11  
COMPARAISON DU SALAIRE HORAIRE DES PERSONNELS LIÉS AUX TECHNOLOGIES  
DE L'INFORMATION ET DES AUTRES CATÉGORIES, DIPLÔMÉS DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
PAR TRANCHE D'ÂGE, AVEC UN AN D'ANCIENNETÉ



SOURCE : Enquêtes emploi, INSEE; CEPII et calculs des auteurs.

TABLEAU 6  
HYPOTHÈSES POUR LA CONSTRUCTION DES STOCKS DE CAPITAL

Actifs	Dépréciation	Durée de vie
Logiciels	0,315	5
Matériel informatique	0,315	7
Matériel de communications	0,11	15
Structures non résidentielles	0,028	60
Transport	0,1906	15
Autre équipement	0,132	15

SOURCE : M. O'Mahony (NIESR) et Marcel Timmer (Université de Groningen).

TABLEAU 7

CONTRIBUTIONS À LA CROISSANCE MOYENNE DE LA VALEUR AJOUTÉE  
(EN %)

	1980-2000			1980-1990			1990-2000			1990-1995			1995-2000		
	CEPII	CMK	CS	CEPII	CMK	CS	CEPII	CMK	CS	CEPII	CMK	CS	CEPII	CMK	CS
<b>Valeur ajoutée brute</b>	2,18	1,88		2,57	2,42		1,87	1,35		1,09	0,50	0,97	2,65	2,20	2,81
TI	0,27	0,25		0,23	0,24		0,29	0,27		0,18	0,17	0,13	0,41	0,36	0,27
Informatique (H)	0,14	0,11		0,13	0,11		0,14	0,11		0,09	0,08	0,02	0,20	0,15	0,08
Logiciel (S)	0,08	0,08		0,06	0,07		0,09	0,08		0,05	0,05		0,14	0,09	
Matériel de communication (C)	0,05	0,06		0,04	0,05		0,06	0,07		0,04	0,05		0,08	0,09	
Capital (K)	1,10		1,17	1,22	1,30		1,00	1,05		0,96	1,18	0,73	1,04	0,91	0,78
Travail (L)	0,51	-0,47		0,72	-0,60		0,34	-0,34		0,06	-0,83		0,62	0,15	
Productivité multifactorielle	0,57	1,19		0,63	1,74		0,52	0,64		0,06	0,15		0,98	1,13	

NOTE : CEPII = Économie totale, calculs réalisés en utilisant les indices de prix du BEA pour les équipements informatiques et les logiciels, et indices de prix de l'INSEE pour les autres actifs, prix d'usage calculé avec un taux de rendement interne.

CEPII : 1982-2000 et 1982-1990.

CMK (Cette, Mairesse, Kocoglu, 2002) = secteur marchand.

CS (Colecchia et Schreyer, 2001) = secteur marchand.

SOURCE : CEPII et calculs des auteurs.



TABLEAU 8

PART DE L'INVESTISSEMENT (TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION ET HORS TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION) À PRIX COURANTS POUR LA FRANCE ET LES ÉTATS-UNIS

	1980	1985	1990	1995	2001
<b>% investissement non résidentiel dans le PIB</b>					
France	15,4	13,6	15,8	13,0	14,3
États-Unis	16,7	16,3	14,5	14,2	14,8
<b>% TI dans l'investissement non résidentiel</b>					
France	6,1	9,3	8,7	9,9	14,2
États-Unis	11,5	17,0	19,4	22,6	28,2
<b>% investissement TI dans le PIB</b>					
France	0,9	1,2	1,3	1,3	2,0
États-Unis	1,9	2,8	2,8	3,2	4,2

SOURCE : CEPIL, États-Unis : BEA (dernière révision mars 2004) et calculs des auteurs.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALBERS, R. et F. VIJSELAAR (2002), « New Technologies and Productivity Growth in the Euro Area », European Central Bank, Working Paper Series, no 122.
- AUTOR, D. H., L. F. KATZ et A. B. KRUEGER (1998), « Computing Inequality: Have Computers Changed the Labour Market », *Quarterly Journal of Economics*, CXIII (4) : 1 169-1 214.
- BERMAN, E., J BOUND et S. MACHIN (1998), « Implications of Skill-Biased Technological Change : International Evidence », *Quarterly Journal of Economics*, CXIII(4) : 1 245-1 280.
- CASELLI, F. et J.W. COLEMAN (2001), « Determinants of Technology Adoption: The Case of Computers », *American Economic Review*, Papers and Proceedings, à paraître.
- CETTE, G., J. MAIRESSE et Y. KOCOGLU (2000), « Les technologies de l'information et des communications en France : diffusion et contribution à la croissance », *Économie et Statistique*, 339-340(9/10) : 117-146.
- CETTE, G., J. MAIRESSE et Y. KOCOGLU (2002), « Croissance économique et diffusion des TIC : le cas de la France sur longue période (1980-2000) », *Revue Française d'Économie*, XVI(3) : 155-192.
- COHEN, D et M.DEBONNEUIL (2002), « Nouvelle Économie », CAE, *Documentation française*.
- COLECCHIA, A. et P. SCHREYER (2001), « ICT Investment and Economic Growth in the 1990s : Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OCDE Countries », STI Working Paper, 2001/7, OCDE, Paris.
- COUNCIL OF ECONOMIC ADVISERS (2002), « Economic Report of the President ».
- CRÉPON, B. et T. HECKEL (2000), « La contribution de l'informatisation à la croissance française : une mesure à partir de données d'entreprises », *Économie et Statistique*, 339-340 : 93-115.
- CRÉPON, B., T. HECKEL et N. RIEDINGER (2003), « Information Technologies and Productivity: Microeconomic Evidence for France », INSEE mimeo, novembre.
- DAVERI, F. (2001), « Information Technology and Growth in Europe », mimeo.
- ECB (EUROPEAN CENTRAL BANK) (2001), « New Technologies and Productivity in the Euro Area », *Monthly Bulletin*, juillet : 37-48.
- EUROSTAT (1999), « Volume Measures for Computers and Software », *Report of the Task Force*, juin.
- EUROSTAT DATA SHOP HANDBOOK (2000), « The Input – Output Tables », Luxembourg.
- GORDON, Robert J. (2002), « Technology and Economic Performance in the American Economy », NBER, working paper 8771.
- GREEN, F., A. FELSTEAD et D. GALLIE (2000), « Computers Are Even More Important Than You Thought: An Analysis of The Changing Skill-Intensity of Jobs », Centre for Economic Performance, discussion paper 439, janvier.
- GRIMM, T., B. R. MOULTON et D.B. WASSHAUSEN (2002), « Information Processing Equipment and Software in the National Accounts », Conference on Measuring Capital in the New Economy, Federal Reserve Board.

- HO, M.S. et D.W. JORGENSON (1999), « The Quality of the US Work Force, 1948-1995 », mimeo, Harvard University.
- HOLLANDERS, H. et H. MEIJERS (2001), « Quality Adjusted Prices and Software Investments: The Use of Hedonic Price Indexes », mimeo, Maastricht University.
- HULTEN, CH. R. (2000), « Total Factor Productivity: A Short Biography », NBER, working paper 7471, janvier.
- HULTEN, CH. R. et F. C. WYCKOFF (1981), « The Measurement of Economic Depreciation » in CH. R. HULTEN (éd.), *Depreciation, Inflation and the Taxation of Income from Capital*, Urban Institute Press.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES, « Base des déclarations annuelles de données sociales, enquêtes emploi, comptes nationaux », [www.insee.fr](http://www.insee.fr).
- JALAVA, J. et M. POHJOLA (2001), « Economic Growth in the New Economy: Evidence from Advanced Economies », mimeo, UNU/WIDER.
- JORGENSON, D.W. (2001), « Information Technology and the US Economy », *American Economic Review*, 91(mars) : 1-32.
- JORGENSON, D.W. (2003), « Information Technology and the G7 Economies », *World Economics*, 4(4), octobre-décembre.
- JORGENSON, D.W., F.M. GOLLOP et B. FRAUMENI (1987), « Productivity and US Economic Growth », *Contributions to Economic Analysis*, Elsevier, North Holland.
- JORGENSON, D.W. et Z. GRILICHES (1967), « The Explanation of Productivity Change », *Review of Economic Studies*, 34(3) : 249-283.
- JORGENSON, D.W., M.S. HO et K.J. STIROH (2002), « Growth of US Industries and Investments in Information Technology and Higher Education », mimeo, sur le site Web de Jorgenson.
- JORGENSON, D.W., M.S. HO et K.J. STIROH (2003), « Lessons from the U.S. Resurgence », *Journal of Policy Modeling*, 25(5), juillet.
- JORGENSON, D.W. et K.J. STIROH (2000), « Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age », *Brookings Papers on Economic Activity*, 1 : 125-212.
- LEQUILLER, F. (2000), « La nouvelle économie et la mesure de la croissance », *Économie et Statistique*, 339-340(9/10) : 45-72.
- MACHIN, S. et J. VAN REENEN (1998), « Technology and Changes in Skill Structure: Evidence from Seven OCDE Countries », *Quarterly Journal of Economics*, CXIII(4) : 1 215-1 244.
- MELKA, J., L. NAYMAN, S. ZIGNAGO et N. MULDER (2003), « Skills, Technology and Growth: Is ICT the Key to Success? Part I: An Analysis of ICT Impact on French Growth », CEPII working paper no 4.
- MOCH, D. (2001), « Price Indices for Information and Communication Equipment Technology Industries – An Application to the German PC Market », Discussion Paper, no 01-20, Centre for European Research (ZEW); Mannheim.

- MOCH, D. et J. TRIPLETT (2001), « International Comparisons of Hedonic Price Indexes for Computers: A Preliminary Examination », NBER/CRIW Summer Institute Meeting, juillet 30-31, 2001.
- NIININEN, P. (1999), « Computers and Economic Growth in Finland », in M. POHJOLA (éd.), *Information Technology and Economic Development*, WIDER/United Nations University, Oxford University Press, à paraître.
- OCDE (2000a), *A New Economy? The Changing Role of Innovation and Information Technology in Growth*, Paris.
- OCDE (2000b), « Handbook on Quality Adjustment of Price Indexes for Information and Communication Technology Product », mimeo, Paris.
- OCDE (2002), *Employment Outlook*, juillet.
- OCDE (2004), *Productivity Database*.
- OLINER, S.D. et D.E. SICHEL (1994), « Computers and Output Growth Revisited: How Big is the Puzzle? », *Brooking Papers on Economic Activity*, 2 : 273-317.
- OLINER, S.D. et D.E. SICHEL (2000), « The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology Story? », *Journal of Economic Perspectives*, 14 : 3-22.
- OULTON, N. (2001), « ICT and Productivity Growth in the United Kingdom », working paper, no 140, Bank of England.
- PILAT, D. (2001) et F. LEE (2001), « Productivity Growth in ICT-Producing and ICT-Using Industries: A Source of Growth Differentials in the OCDE? », STI working papers, no 4, OCDE, Paris.
- SCHREYER, P. (2000), « The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of the G7 Countries », STI working papers no 2, OCDE, Paris.
- SCHREYER, P. (2003), « Measuring Multi-Factor Productivity when Rates of Return are Exogenous », présenté à l'atelier *Rethinking TFP measurement*, 27-28/10/03, Ottawa.
- SORRENTINO, C. et J. MOY (2002), « U.S. Labor Market Performance in International Perspective », *Monthly Labor Review*, Bureau of Labor Statistics, juin.
- STIROH, K. (2001), « Information Technology and the US Productivity Revival: What Do the Industry Data Say? », Staff Reports, Federal Reserve Bank of New York, janvier, no 115.
- VAN ARK, B., J. MELKA, N. MULDER, M. TIMMER et G. YPMA (2002), « ICT Investment and Growth Accounts for the European Union, 1980-2000 », *Final Report on ICT and Growth Accounting for the DG Economics & Finance of the European Union*, juin.
- VAN ARK, B., M. TIMMER et G. YPMA (2003), « IT in the European Union: Driving Productivity Divergence? », University of Groningen, *GGDC Research Memorandum*, GD-67, octobre.

- WIEL, H. VAN DER (1999), « Sectoral Labour Productivity Growth: A Growth Accounting Analysis of Dutch Industries 1973-1995 », CPB Netherlands for Bureau of Economic Policy Analysis, no 158.
- WITSA (2000), *Digital Planet*, The Global Information Economy.
- WYCKOFF, A.F. (1995), « The Impact of Computer Prices on International Comparisons of Labour Productivity », *Economics of Innovation and New Technology*, 3 : 277-293.